

Infraschall einfach erklärt

Physikalischer Hintergrund –
Vorkommen – Wirkung auf den Menschen

Für Mensch & Umwelt





Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet I 2.4

Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
bürgerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt

Autorinnen und Autoren:

Mann beißt Hund – Agentur für Kommunikation GmbH

Projektbearbeitung:

Mann beißt Hund – Agentur für Kommunikation GmbH
Dr. Kühner GmbH
ZEUS GmbH, Zentrum für angewandte Psychologie,
Umwelt- und Sozialforschung

Redaktion:

Jördis Wothge, Thomas Myck

Satz und Layout:

Mann beißt Hund – Agentur für Kommunikation GmbH

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:

Eigene Darstellungen,
Mann beißt Hund – Agentur für Kommunikation GmbH

Stand: August 2024

Infraschall einfach erklärt

**Physikalischer Hintergrund –
Vorkommen – Wirkung auf den Menschen**



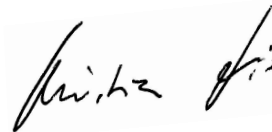
Liebe Leser*innen,

Infraschall kommt in der Natur vor, wird aber auch durch menschengemachte Technologien erzeugt. In diesem Heft erfahren Sie mehr darüber, wo und wie aus langsamen Schwankungen im Luftdruck die langen und für Menschen fast immer unhörbaren Schallwellen entstehen, die in der Physik als Infraschall bezeichnet werden – und wie dieser Schall auf den Menschen wirkt.

Vielleicht fragen Sie sich, warum das Umweltbundesamt so ausführlich über ein alltägliches physikalisches Phänomen informiert. Die Antwort ist ganz einfach: Zu den Technologien, die Infraschall erzeugen, gehören neben vielen anderen, zum Beispiel Industrieanlagen mit großen Stahlstanzen, auch solche, die für die Nutzung erneuerbarer Energien wichtig sind, etwa Windenergieanlagen, Biogasanlagen oder Wärmepumpen. Diese Technologien sind für die Energiewende von zentraler Bedeutung. Und die Energiewende schaffen wir am besten mit einer gut informierten Gesellschaft. Daher stellt das Umweltbundesamt mit dieser Broschüre die wichtigsten Informationen zu diesem Phänomen verständlich erklärt an einem Ort zusammen.

Menschen können den Infraschall, wie er zum Beispiel von Windenergieanlagen ausgeht, in der Regel nicht wahrnehmen. Obwohl Windenergieanlagen vergleichsweise wenig Infraschall emittieren, wird von Anwohnenden mitunter die Sorge vor negativen gesundheitlichen Auswirkungen durch Infraschall geäußert. Deshalb haben wir mit diesem Heft alle relevanten Informationen und den aktuellen Forschungsstand zu diesem Thema für Sie zusammengestellt. Was Infraschall ist, wo dieser auftritt und was dagegen hilft – all das erfahren Sie auf den kommenden Seiten.

Viel Spaß beim Lesen wünscht



Christian Fabris

Leiter des Fachgebiets „Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen“ beim Umweltbundesamt

Inhalt

Was Infraschall ist und warum wir ihn nicht hören können	8
Einfach erklärt: der Hörvorgang.....	10
Hören oder wahrnehmen? Bei tiefen Tönen schwer zu sagen	11
„Die Energiewende schaffen und die Menschen mitnehmen“ –	
Interview zur Wirkung von Infraschall auf den Menschen	12
Faktencheck Infraschall: Was stimmt?	15
Von Schallwellen umgeben	16
Methoden der Manipulation.....	18
„Der Nocebo-Effekt lässt sich auch wieder aufheben“ – Interview zum Nocebo-Effekt bei Infraschall	19
Studie belegt Auswirkungen des Nocebo-Effektes auf die Gesundheit.....	21
Warum Windenergie für die Energiewende unverzichtbar ist	22
Quiz: Wie gut kennen Sie sich mit Infraschall aus?	24
Infraschall: Die wichtigsten Fachbegriffe im Überblick.....	25

Was Infraschall ist und warum wir ihn nicht hören können

Töne im Infraschall-Bereich sind so tief, dass Menschen sie in der Regel nicht hören – die langen Schallwellen laufen unbemerkt um uns herum, genau wie der kurzweilige Ultraschall. Ein Überblick über die verschiedenen Arten von Schall und die Physik dahinter.

Unzählige Geräusche umgeben uns jeden Tag. Menschen und Maschinen, Tiere und Musik sind nur einige Beispiele für Geräuschquellen, deren Laute täglich unser Ohr erreichen. Die Physik beschreibt, wie das geschieht: Jemand oder etwas erzeugt ein Geräusch und bringt damit Luftteilchen zum Schwingen. Die Schwingung breitet sich als Welle in alle Richtungen aus. Wenn diese Schallwellen auf unser Ohr treffen, wandelt der Hörvorgang sie in elektrische Impulse um und leitet sie ans Gehirn weiter – das dann das Geräusch registriert.

Für Menschen nicht hörbar: Ultraschall und Infraschall

Aber nicht alle Schallwellen sind für unser Gehör wahrnehmbar. Ist ein Geräusch höher als der höchste für menschliche Ohren hörbare Ton, sprechen Physiker*innen von Ultraschall. Zum Beispiel erzeugen Hundepfeifen Töne im Ultraschall-Bereich. Sie sind so hoch, dass Menschen sie nicht hören können – wohl

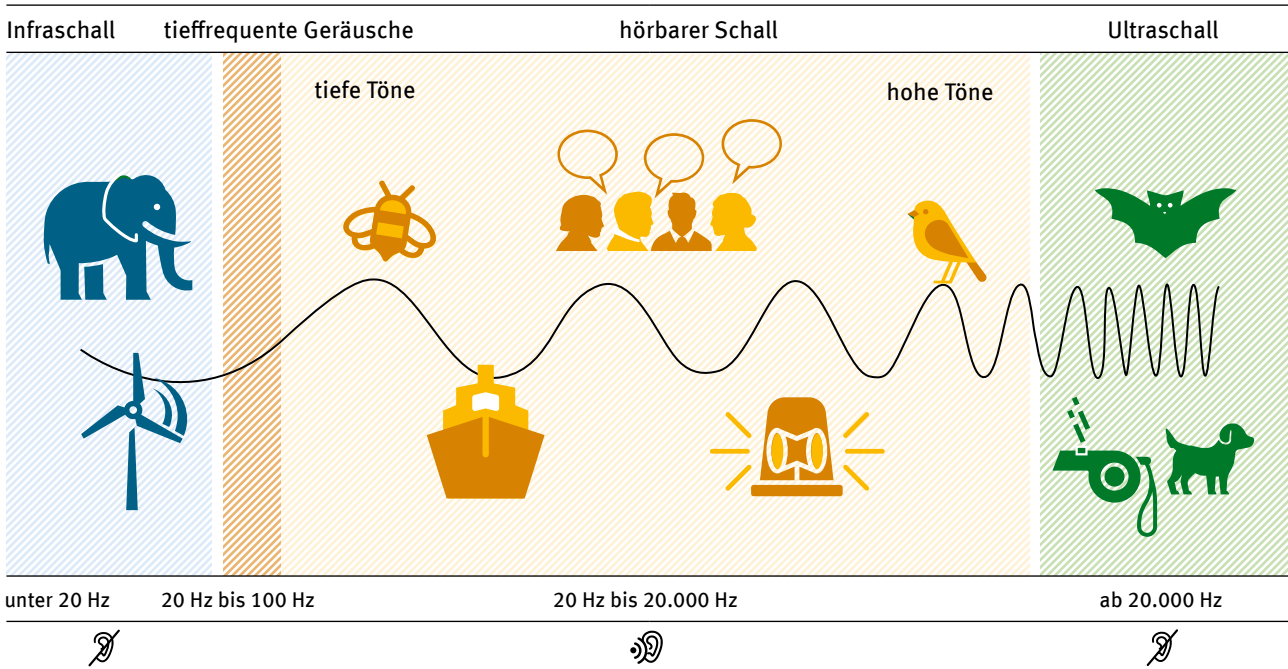
aber die Vierbeiner, die damit herbeigerufen werden sollen. Deren Gehör kann nämlich höhere Töne wahrnehmen als unseres.

Infraschall hingegen liegt unterhalb des für Menschen hörbaren Bereichs. Er ist tiefer als der tiefste hörbare Ton – jedenfalls wenn es um Infraschall im Alltag geht. Bei sehr hohen Schallpegeln ist Infraschall auch für Menschen wahrnehmbar, weil die Schwankungen im Luftdruck sehr stark sind. Allerdings ist er eher als Vibration spürbar und nicht unbedingt als Ton. Im Alltag wird Infraschall zum Beispiel wahrnehmbar, wenn man schnell mit halb geöffneten Fenstern Auto fährt. Ansonsten nehmen Menschen nur in seltenen Fällen Infraschall wahr, etwa bei Naturereignissen wie Vulkanausbrüchen. Auch einige Tiere kommunizieren mithilfe von Infraschall. So halten Elefanten beispielsweise per Infraschall über mehrere Kilometer hinweg Kontakt zueinander.

Was Menschen hören können

Sowohl bei tiefen als auch bei hohen Tönen stößt das menschliche Gehör also an Grenzen. Wo diese genau verlaufen, ist bei jedem Menschen geringfügig anders. Wer ein empfindliches Gehör hat, kann auch sehr leise, tiefe oder hohe Töne noch gut

Was ist Schall?



Quelle: eigene Darstellung, Mann beißt Hund – Agentur für Kommunikation GmbH

wahrnehmen. Im Lauf des Lebens verschiebt sich der hörbare Bereich: Mit zunehmendem Alter hören Menschen insbesondere hohe Töne weniger gut. Um besser zu verstehen, welche Töne für Menschen hörbar sind, ist es hilfreich zu verstehen, wie in der Akustik Tonhöhe und Lautstärke zusammenhängen.

- Die Tonhöhe wird in der Physik mithilfe der Frequenz ausgedrückt, die Maßeinheit heißt Hertz (Hz). Der menschliche Hörbereich liegt in etwa zwischen 20 und 20.000 Hertz. Infraschall liegt unter 20 Hertz, Ultraschall hat eine Frequenz von 20.000 Hertz oder mehr. Die Frequenz gibt an, wie schnell die Schallwellen auf und ab laufen. Das Freizeichen der meisten Telefonnetze in Deutschland hat die Frequenz 425 Hertz. Das bedeutet, die Schallwelle schwingt 425-mal pro Sekunde auf und ab. Je höher die Frequenz ist, desto kürzer sind die einzelnen Wellen, also der Abstand von einem Wellental zum nächsten. Telefone produzieren bei 425 Hertz Schallwellen, die nicht einmal einen Meter lang sind. Infraschall-Wellen hingegen sind deutlich länger. Bei 16 Hertz etwa misst die Welle schon mehr als 20 Meter.

che Anpassung – hier geht es allein um den physikalisch messbaren Druck der Schallwellen. Ebenfalls wichtig zu wissen: Die Dezibel-Skala verläuft logarithmisch. Das heißt, 50 Dezibel hören sich doppelt so laut an wie 40 Dezibel. 40 Dezibel klingen doppelt so laut wie 30 Dezibel und so weiter. Menschen können schon bei wenigen Dezibel bestimmte Töne wahrnehmen. Bei 120 Dezibel (A) ist die Schmerzgrenze erreicht.

Zusammengefasst: Jedes Geräusch verursacht eine Schallwelle, die mithilfe von Frequenz und Schalldruckpegel beschrieben werden kann. Die Frequenz beschreibt, wie schnell die Welle steigt und abfällt. Der Schallpegel beschreibt, wie hoch die Welle steigt und sinkt.

Frequenz und Schallpegel: Das Verhältnis gibt den Ton an

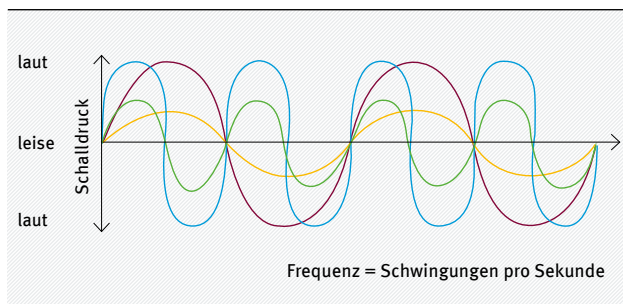
Ob ein Geräusch hörbar ist oder nicht, hängt von der Frequenz ebenso ab wie vom Schalldruckpegel. Denn je tiefer ein Ton ist, desto höher muss der Schalldruckpegel sein, damit wir den Ton hören können. Anders gesagt: Damit wir ein tiefes und ein hohes Geräusch als gleich laut empfinden, muss bei dem tiefen Geräusch der Schalldruckpegel höher sein als bei dem hohen Ton.

So ist auch zu erklären, dass Infraschall bei Frequenzen unterhalb von 20 Hertz in der Regel nicht wahrnehmbar ist, weil die Schalldruckpegel für das menschliche Gehör meistens zu niedrig sind. Ein Beispiel: Der tiefste Ton eines Klaviers (27,5 Hertz) ist schon bei knapp 60 Dezibel (Z) hörbar, er liegt noch innerhalb des menschlichen Hörspektrums. Kommunikation unter Elefanten findet bei 20 Hertz oder darunter statt, also im Infraschall-Bereich. Damit Menschen davon etwas mitbekommen, müssen die Elefanten schon bei 20 Hertz mit mindestens 71 Dezibel (Z) ziemlich laut tröten. Allerdings nehmen Menschen diese Laute nicht so sehr als Töne, sondern eher als Vibration wahr.

Wo Infraschall vorkommt

Auch wenn wir die Schallwellen nicht wahrnehmen: Infraschall fließt überall um uns herum. Es bildet sich überall dort, wo es zu sehr langsamen Luftdruckschwankungen kommt. Zum Beispiel entstehen in der Meeresbrandung oder durch Wind neben den hörbaren Geräuschen auch Infraschall-Wellen. Einige – meist große – Tiere nutzen Infraschall zur

Darstellung von Schall als Welle



hoher lauter Ton	tiefer lauter Ton
hoher leiser Ton	tiefer leiser Ton

Quelle: eigene Darstellung, Mann beißt Hund – Agentur für Kommunikation GmbH

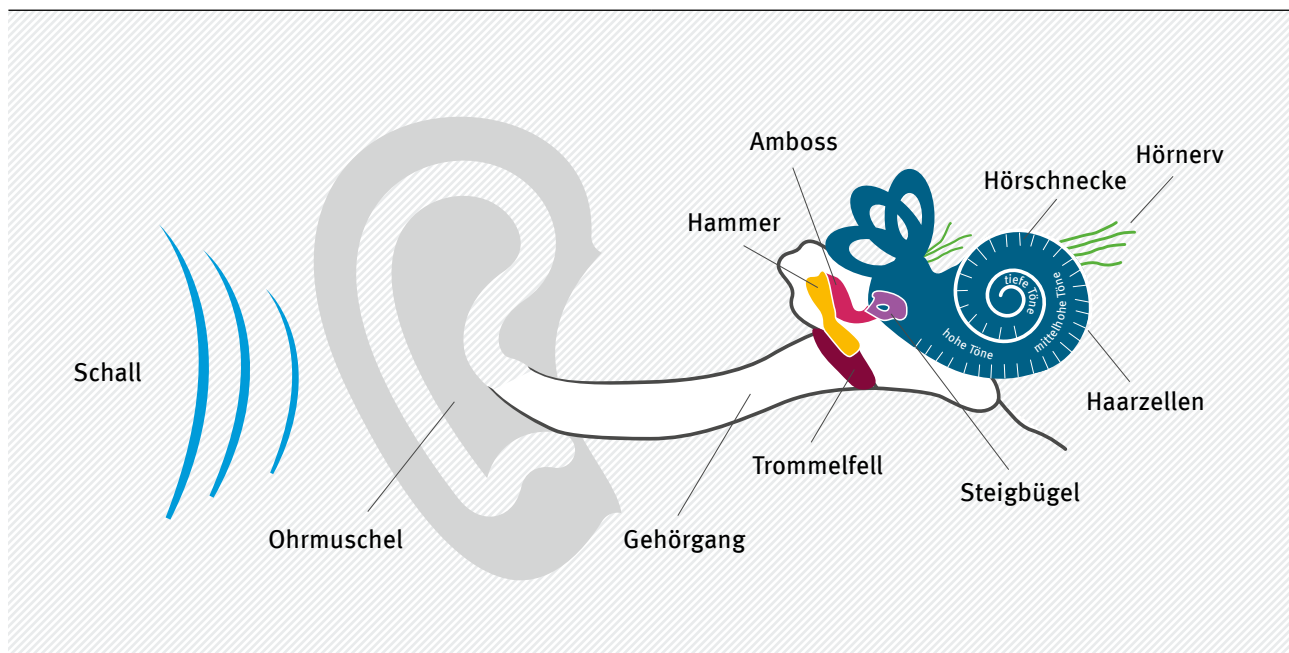
- Die Lautstärke – oder physikalisch genauer: der Schalldruckpegel – wird in Dezibel (dB) gemessen. Der Dezibel-Wert gibt an, wie hoch die Schallwellen sind. Je höher sie aufsteigen und abfallen, desto höher ist der Dezibel-Wert und desto lauter ist das Geräusch. Allerdings gibt es für verschiedene Zwecke unterschiedliche Schalldruckpegel-Angaben. Wenn es um Lärm geht, wird häufig der sogenannte „A-bewertete Schalldruckpegel“ in dB(A) angegeben. Er ist speziell an die Lautstärke-Empfindung des menschlichen Gehörs angepasst. Bei Angaben in dB(Z) hingegen gibt es keine sol-

Kommunikation, darunter neben Elefanten auch Blauwale und Giraffen. Neben diesen natürlichen Quellen gibt es auch einige menschengemachte Infraschall-Quellen. Dazu gehören zum Beispiel Kühlschränke, Windenergieanlagen und Industrieanlagen, die neben tieffrequentem Schall auch

Infraschall erzeugen können. Wichtig zu wissen: Wie die Meeresbrandung oder der Wind verursachen diese Geräte meist neben Infraschall auch tieffrequenten Schall zwischen 20 und 100 Hertz – der für viele Menschen durchaus hörbar ist und stören kann.

Einfach erklärt: der Hörvorgang

Das menschliche Ohr



Quelle: eigene Darstellung, Mann beißt Hund – Agentur für Kommunikation GmbH

Von Arie bis Zweitaktmotor: Ganz unterschiedliche Geräusche finden auf demselben Weg in unser Ohr – und von dort ins Gehirn. Hier lesen Sie, wie das Hören funktioniert und wieso es nicht nur eine Laune der Natur ist, dass Menschen nicht alles hören können.

Ein Geräusch entsteht, wenn Luft ins Schwingen gerät. Hummeln zum Beispiel erzeugen durch die Bewegung ihrer Flügel ihr charakteristisches Summen. Sprechen wir Menschen, dann übertragen sich die Schwingungen unserer Stimmbänder durch die Luft. Als Schallwelle breiten sie sich aus und erreichen das Ohr.

Ausgefeiltes Zusammenspiel im Ohr

Durch den Gehörgang werden Luftschwingungen auf das Trommelfell übertragen. Das feine Zusammenspiel der drei Gehörknöchelchen Hammer, Amboss

und Steigbügel trägt die Vibrationen weiter ins Innenohr. Hier sitzt die Hörschnecke, benannt nach ihrer Form, die an ein Schneckenhaus erinnert. Sie ist mit einer Flüssigkeit gefüllt und wäre ausgerollt etwa drei Zentimeter lang, feine Härchen ragen in die Flüssigkeit hinein. Kommt der Schall im Innenohr an, geraten Flüssigkeit und Härchen in Bewegung. Je nach Tonhöhe reagieren die Härchen an verschiedenen Orten. Für hohe Töne sind Härchen am Anfang der Hörschnecke „zuständig“, tiefere Töne werden weiter in ihrem Inneren registriert. Die Härchen schicken schließlich einen elektrischen Impuls ins Gehirn. Das Hörzentrum in der Großhirnrinde interpretiert das Signal – wir erkennen, ob es sich um Musik, Straßenverkehr oder eine ganz andere Geräuschquelle handelt.

Natürlicher Schutz

Nicht alle Säugetiere hören dieselben Töne. Elefanten etwa nehmen tiefere Töne wahr als Menschen,

Fledermäuse orientieren sich mit für uns unhörbar hohen Tönen. Unser menschliches Gehör ist optimal an unsere Lebensumstände angepasst – in denen Frequenzen unterhalb von etwa 20 Hertz nur selten eine Rolle spielen. Deshalb verhindert der Aufbau von Mittel- und Innenohr, dass wir sehr tiefe Frequenzen

wie etwa Infraschall als Ton hören. Sonst würden wir selbst geringste Druckschwankungen als Geräusch wahrnehmen, etwa wenn Wind an uns vorbeigeht. Stattdessen ist unser Ohr so aufgebaut, dass wir vor allem höhere Frequenzen gut hören – zum Beispiel die Stimmen unserer Mitmenschen.

Hören oder wahrnehmen? Bei tiefen Tönen schwer zu sagen

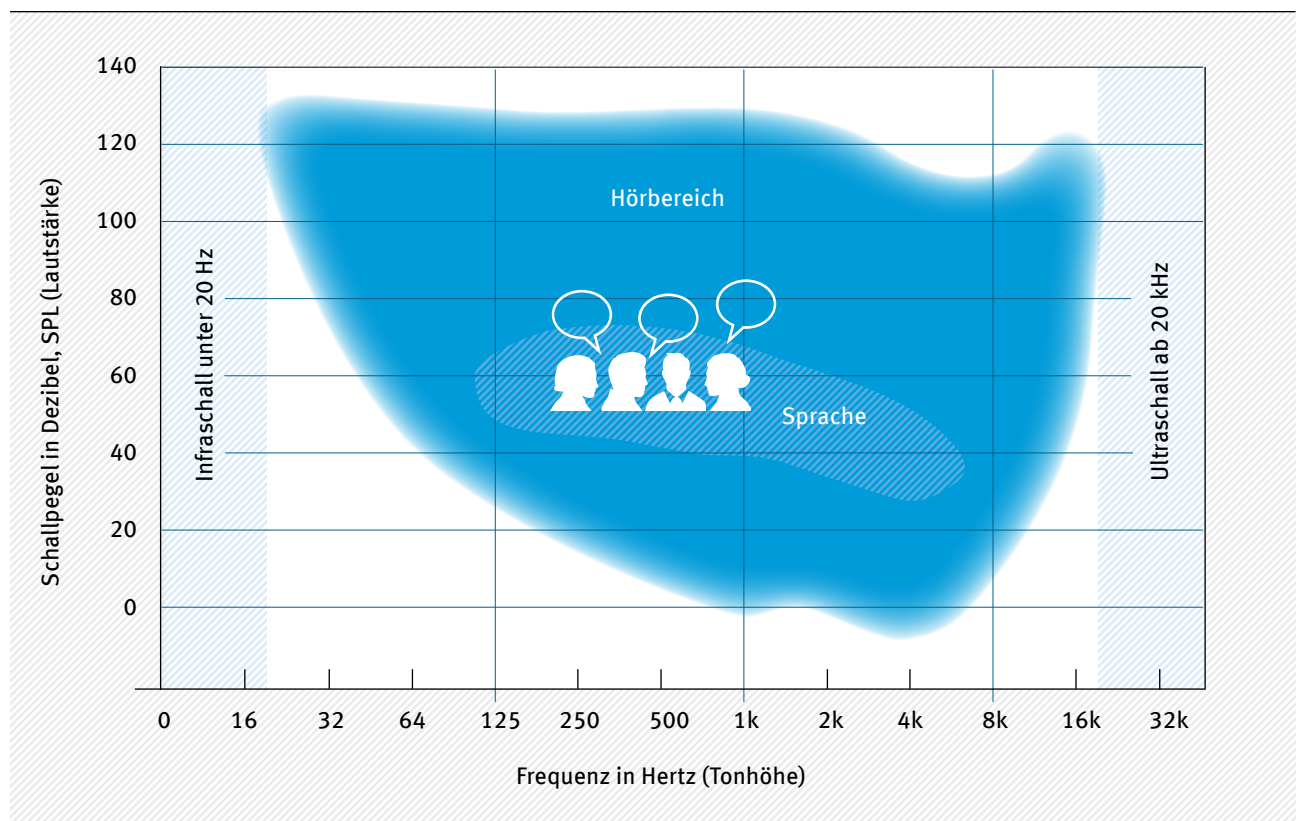
Je tiefer ein Geräusch ist, desto schwerer fällt es Menschen, zu beschreiben, ob sie etwas hören oder das Geräusch in einer anderen Weise wahrnehmen.

Die meisten Geräusche hören wir als Töne. Zum Beispiel können wir dann erkennen, welcher von zwei Tönen höher ist. Je tiefer aber ein Geräusch ist, desto mehr verschwindet der Eindruck eines Tons. Vor allem bei ganz niedrigen Frequenzen unmittelbar oberhalb der Hörschwelle verändert sich die

Wahrnehmung: Anstelle eines Tons fühlen wir ein leises Pulsieren oder Vibrieren.

Wie diese Wahrnehmung geschieht, ist wissenschaftlich noch nicht genau geklärt. Fest steht: Sowohl tieffrequente Geräusche zwischen 20 und 100 Hertz als auch der noch tiefere Infraschall sind bei ausreichenden Schalldruckpegeln hör- beziehungsweise wahrnehmbar, wenn auch nicht als Töne im eigentlichen Sinne.

Der Hörbereich des Menschen



Quelle: eigene Darstellung, Mann beißt Hund – Agentur für Kommunikation GmbH

„Die Energiewende schaffen und die Menschen mitnehmen“

In den vergangenen Jahrzehnten ist die Wissenschaft bei der Erforschung von Infraschall-Wirkungen deutlich vorangekommen. Unter anderem gehen viele Forschende der Frage nach, ob sich Infraschall auf die Gesundheit auswirkt. Einer dieser Wissenschaftler ist Dr. Christian Koch, Leiter des Fachbereichs Schall an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt. Im Interview erzählt er, wie er mögliche Auswirkungen von Infraschall aufzuspüren versucht und was er dabei herausgefunden hat.

Wie wirkt Infraschall, wenn man ihn hören kann?

Christian Koch: Wir haben in verschiedenen Studien die Wahrnehmungs- und Hörschwellen von Infraschall gemessen und sind zu dem Schluss gekommen: Wenn man Infraschall hören kann, dann wirkt er häufig wie anderer hörbarer Schall. Allerdings wird hörbarer Infraschall schnell lästig. Wenn Sie ein Signal im Hörschall haben, das eigentlich schon stört, und dann kommt noch ein hörbares Infraschall-Signal hinzu, dann wird es sehr schnell noch lästiger. Außerdem wird der Dynamikbereich bei tiefen Tönen immer schmaler. Das heißt, wenn man zum Beispiel ein Infraschall-Signal produziert und den Schallpegel immer weiter steigert, hören Sie zunächst unterhalb der Hörschwelle nichts. Dann erreichen Sie die Hörschwelle – ab diesem Moment nehmen Sie das Signal wahr. Erhöht man den Pegel noch weiter, wird der Ton sehr schnell lästig. Je geringer die Frequenz ist, desto schmaler ist der Bereich zwischen der Hörschwelle und dem Punkt, an dem ein Signal sehr störend wird.

Was ist bekannt über die Wirkung von Infraschall, den man nicht hören kann?

Wir haben in verschiedenen Studien untersucht, ob Infraschall Auswirkungen auf den Menschen hat – ob etwa eine Verarbeitung im Gehirn stattfindet. Dazu haben wir Testpersonen verschiedene Tonsignale vorgespielt und gleichzeitig einen Gehirnschscan gemacht, sogenannte fMRT-Bilder. Bei hörbarem Infraschall gab es Aktivität im auditiven Cortex, dem Hörzentrum des Gehirns. Bei einem Signal unterhalb der Hörschwelle zeigte sich keine Aktivität. Allerdings konnten wir in einigen Fällen schon knapp unterhalb der Hörschwelle eine Verarbeitung



Dr. Christian Koch leitet den Fachbereich Schall an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (Bild: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)

im Gehirn beobachten. Wir wissen aber nicht genau, was da abläuft. Vielleicht zeigt sich einfach, dass sich die Testpersonen gefragt haben, ob sie schon etwas hören oder nicht. Auf keinen Fall lässt sich daraus ableiten, dass Infraschall knapp unterhalb der Hörschwelle negative Auswirkungen auf den Menschen hat. In anderen Studien, zum Beispiel in den Wohnräumen der Testpersonen, konnten wir keine Auswirkungen von Infraschall unterhalb der Hörschwelle feststellen.

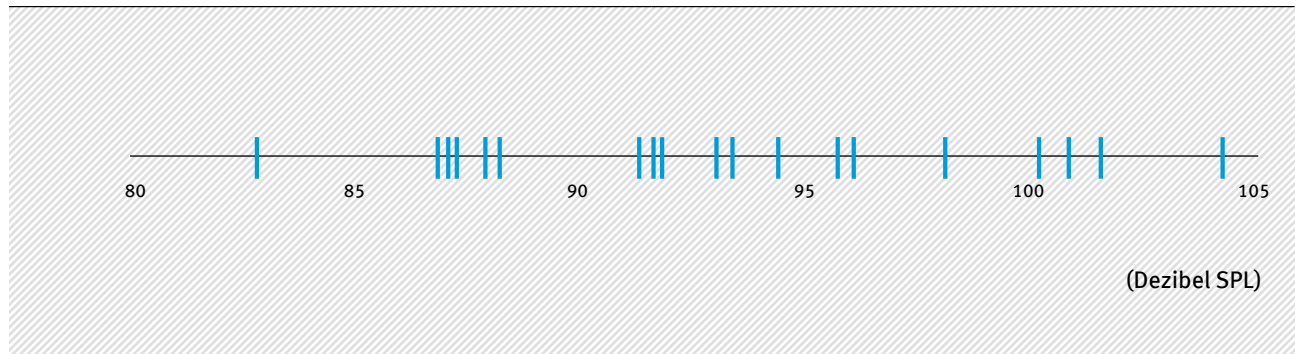
Wie sah diese Studie in den Wohnräumen aus?

Wir haben in den Schlafzimmern von 38 Testpersonen Geräuschquellen aufgebaut, die über vier Wochen jede Nacht acht Stunden lang Infraschall erzeugt haben, mit einer Frequenz von sechs Hertz und einem Schallpegel von 85 Dezibel. Das liegt zwar unterhalb der Hörschwelle, ist aber viel stärkerer Schall, als ihn zum Beispiel Windenergieanlagen produzieren. Dazu haben wir die körperliche und seelische Gesundheit der Testpersonen vorher, während und nach den vier Wochen mit zahlreichen Faktoren erfasst. Aber wir konnten keine signifikanten Langzeitwirkungen feststellen.

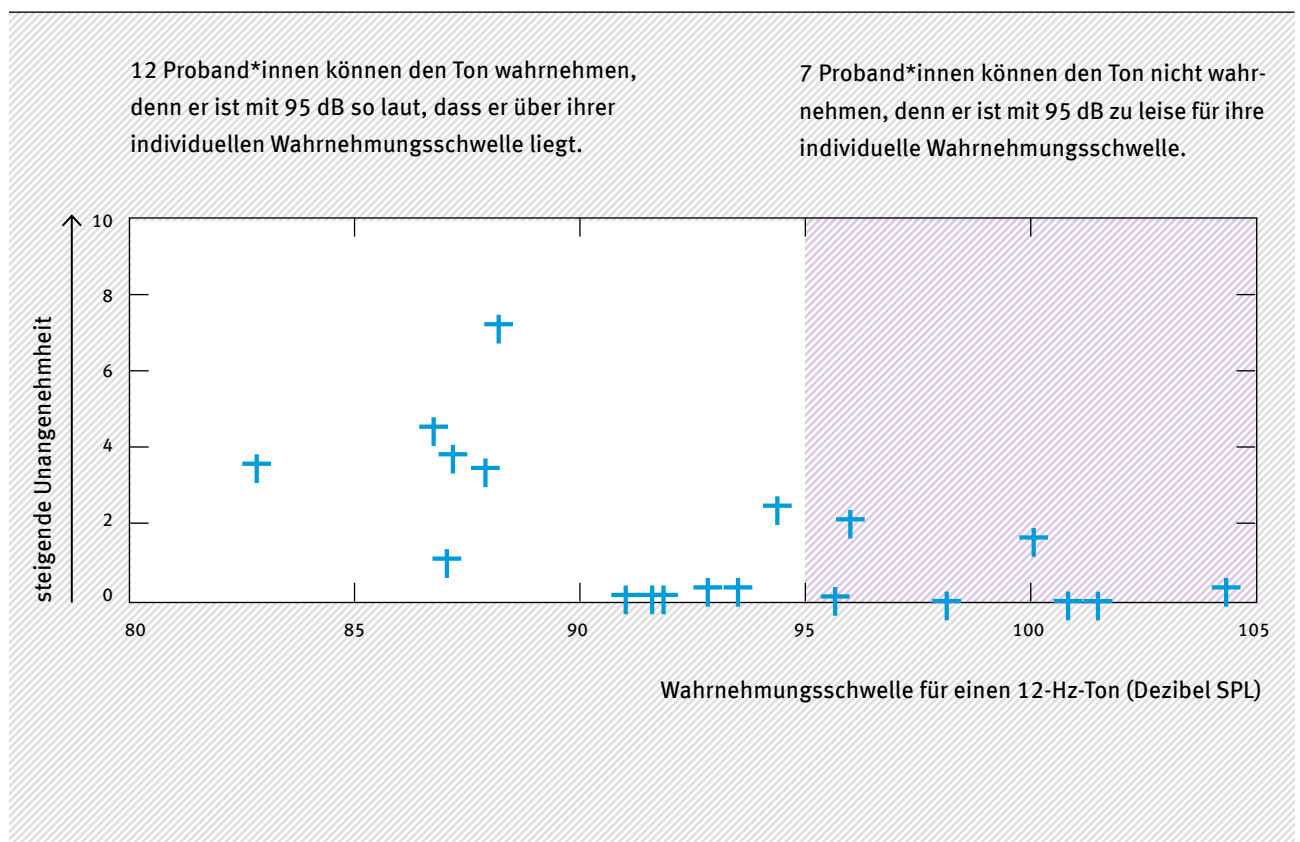
Ab welchem Schallpegel muss man nach Ihrer Forschung mit Auswirkungen von Infraschall rechnen?

Wie gesagt: Wenn der Infraschall lauter ist als die Wahrnehmungsschwelle, dann muss man mit einer Wirkung rechnen. Allerdings ist die Wahrnehmungsschwelle individuell sehr unterschiedlich, ebenso wie der Grad der Belästigung, wenn Infraschall hörbar wird. Man kann also keine generelle

Individuelle Wahrnehmungsschwellen von 19 Testpersonen bei einem Infraschall-Ton von 12 Hertz



Individuelle Unangenehmheit: Wie sehr ein 12-Hertz-Ton bei 95 Dezibel stört



Quelle: E. Burke, S. Uppenkamp, C. Koch: „A psychoacoustical study to investigate the perceived unpleasantness of infrasound combined with audio-frequency sound“, Acta Acustica 2020, 4, 20, doi.org/10.1051/aacus/2020019

Aussage treffen in dem Sinne: Ab diesem Schallpegel und dieser Frequenz tritt immer eine Wirkung ein.

Wie groß sind die individuellen Unterschiede?

Wir haben zum Beispiel in einer Studie die Wahrnehmungsschwelle von 19 Testpersonen bei einem 12-Hertz-Ton bestimmt. Eine Person konnte den Ton schon bei 83 Dezibel wahrnehmen, andere erst bei höheren Schallpegeln – bis hin zu 104 Dezibel.

Außerdem haben wir getestet, wie stark sich die Personen durch einen 12-Hertz-Ton belästigt fühlen. Wer ihn bei 95 Dezibel noch gar nicht hören konnte, fühlte sich auch nicht belästigt. Konnten die Personen einen Ton wahrnehmen, unterschied sich stark, wie unangenehm sie ihn fanden. Da zeigt sich zum einen, was die Wahrnehmungsschwelle für einen Einfluss hat. Zum anderen sehen wir, dass das sehr individuell ist und dann auch zu einer hochgradig individuellen Reaktion führt.

Was können Menschen tun, wenn sie glauben, dass sie hohen Infraschall-Pegeln ausgesetzt sind?

Da muss man immer die einzelne Situation ansehen. Ich rate zu zwei Dingen. Erstens sollten Sie zwei Wochen lang ein Lärmtagebuch führen, in dem Sie Ihre Beobachtungen genau notieren: Wann hören Sie es? Wann stört es Sie? Wann ist es laut, wann leise? Mit diesen Notizen können Sie dann überlegen, ob in Ihrem Wohnumfeld etwas ist, das zu diesen zeitlichen Abfolgen passt. Hat man eine mögliche Ursache gefunden, lautet mein zweiter Rat: Lassen Sie eine Messung durchführen. Am Ende zeigt sich vielleicht, dass eine Fabrik um die Ecke Infraschall produziert, eine kaputte Pumpe im Gartenteich oder eine Wärmepumpe. Man kann das nur individuell vor Ort aufklären.

Was müssen wir noch besser erforschen?

Ich finde es wichtig, dass wir beim Thema „Messen“ noch besser werden, weil das sehr komplex und auch teuer ist. Ich stelle mir vor, dass wir eine Mess-Infrastruktur aufbauen, wie es sie für Hörschall bereits gibt. Das ist eine große Aufgabe.

Und dann sehe ich viel Forschungsbedarf in der Frage, wie wir in Zukunft leben möchten. Dazu gehört Verkehrslärm in den Städten, aber zum Beispiel auch Lärmbelastung durch Wärmepumpen, die zunehmend kommen wird. Wir müssen die Energiewende schaffen, und die hat auch einen akustischen Anteil im Bereich tieffrequenter Geräusche. Deshalb müssen wir den Übergang zu den neuen Energien so gestalten, dass wir die Menschen mitnehmen und die Technologien verträglich sind. Dazu gehört zum Beispiel, dass wir noch besser verstehen, welcher Schall wie weit reicht, wie er sich auf die Menschen auswirkt und welche weiteren Faktoren diese Auswirkungen beeinflussen.

Gesetz schützt vor tieffrequentem Lärm

Tiefe Geräusche können sehr lästig sein. Deshalb gibt es in Deutschland eine eigene Regelung für den Schutz vor tieffrequentem Lärm und Infraschall.

Lärmschutz ist in Deutschland vor allem über das Bundes-Immissionsschutzgesetz geregelt, Genauer beschreibt für den Lärm von Anlagen die „Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm“, kurz „TA Lärm“. Für Infraschall und tieffrequenten Schall bis 90 Hertz gelten dabei besondere Regeln, die wiederum in der DIN-Norm 45680 festgeschrieben sind. Sie sollen Menschen vor sehr tiefen Geräuschen schützen, die in Gewerbebetrieben und Industrieanlagen entstehen können.

Die Norm schreibt unter anderem vor, dass Messungen von tieffrequentem Lärm bei geschlossenem Fenster im am stärksten betroffenen Raum stattfinden müssen und welche Werte dabei eingehalten werden sollen. Ist tieffrequenter Schall deutlich wahrnehmbar, können Betroffene meist Schutzmaßnahmen prüfen lassen. Aktuell wird die Norm überarbeitet, um auch neuere Forschungsergebnisse und bisher nicht ausreichend bedachte Geräuscheszenarien zu berücksichtigen.

Faktencheck Infraschall: Was stimmt?

Wer sich im Internet über Infraschall informieren möchte, findet neben wissenschaftlich gesicherten Fakten auch viele fehlerhafte Informationen und nicht fundierte Behauptungen. In diesem Faktencheck nehmen wir drei häufig wiederholte Aussagen unter die Lupe.

Behauptung: „Manche Menschen haben ein so empfindliches Gehör, dass sie Infraschall, wie Windenergieanlagen ihn produzieren, hören können.“

Check: Stimmt nicht, nach aktuellem Forschungsstand.

Menschen können tatsächlich unterschiedlich gut hören. Einige können sehr tiefe Frequenzen bereits bei einem geringeren Schalldruckpegel hören als andere. Der Infraschall, den Windenergieanlagen erzeugen, ist jedoch so tief und so leise, dass Menschen ihn nicht hören können – insbesondere im üblichen Wohnabstand von mehreren Hundert Metern zu Windenergieanlagen. Die Anlagen erzeugen Infraschall bei sehr tiefen Frequenzen und bei Schalldruckpegeln, die sehr leise sind und somit unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle liegen. Andere Geräusche, die durch die Windenergieanlagen entstehen, haben höhere Frequenzen (über 100 Hertz) und sind für das menschliche Ohr wahrnehmbar. Dabei handelt es sich aber nicht um Infraschall.

Behauptung: „Auch wenn man Infraschall nicht hören kann, kann er schädlich sein.“

Check: Stimmt, aber nach aktuellem Forschungsstand nicht bei den Schallpegeln, wie Windenergieanlagen sie produzieren.

Wie jedes andere Geräusch kann uns auch Infraschall schädigen, wenn er sehr laut ist und damit wahrnehmbar wird – dann wirkt er meistens sehr belästigend und beeinträchtigt die Gesundheit. Einige Untersuchungen mit Magnetresonanztomografie zeigen sowohl im Hör- als auch Gefühlszentrum des Gehirns schon kurz unterhalb der Wahrnehmungsschwelle Reaktionen. Unser Nervensystem kann also auf Infraschall nahe der Hör- bzw. Wahrnehmungsschwelle auch dann reagieren, wenn wir den Schall nicht hören bzw. wahrnehmen. Der durch Windenergieanlagen verursachte Infraschall liegt jedoch deutlich unter der menschlichen Wahrnehmungsschwelle. Daher ist es unwahrscheinlich, dass in Wohnräumen Pegel erreicht werden, die zu negativen gesundheitlichen Reaktionen führen.

Dennoch klagen einige Menschen in der Nähe von Infraschall-Quellen über Beschwerden wie Schlafstörungen oder Schwindelgefühle. Die wahrscheinlichste Erklärung für diese Beeinträchtigungen ist der Nocebo-Effekt. Bei diesem wissenschaftlich anerkannten und verbreiteten Phänomen führen die negativen Erwartungen eines Menschen dazu, dass diese negativen Folgen tatsächlich eintreten – etwa wenn jemand bei einem Medikament mit Nebenwirkungen rechnet. Studien zeigen, dass die Lärmbelastigung in der Nähe von Windparks höher ist, wenn dort zuvor Angst vor Infraschall geschürt wurde. Zudem können im Garten oder in Wohnräumen bei geöffneten Fenstern Geräusche von Windenergieanlagen gehört werden. Dabei handelt es sich jedoch nicht um Infraschall, sondern zum Teil um tieffrequenten Schall oberhalb von 20 Hertz, der fälschlicherweise für Infraschall gehalten wird.

Behauptung: „Infraschall von Windenergieanlagen belästigt stärker als Infraschall aus natürlichen Quellen, weil er pulsiert.“

Check: Stimmt nicht.

Von Windenergieanlagen geht eine mehr oder weniger gleichmäßige Infraschall-Welle aus, weil die Rotorblätter in einem stetigen Rhythmus den Mast passieren. Darüber hinaus können durch die Rotorblattbewegungen amplitudenmodulierte Geräusche („Wuschen“) entstehen, die hörbar sind, aber nicht im Infraschall-Bereich auftreten. Dennoch ist gelegentlich nachzulesen, dass dieses regelmäßige Wischen Infraschall sei und stärker stören würde als zum Beispiel die unregelmäßigen Infraschall-Wellen der Meeresbrandung. Tatsächlich zeigen Studien, dass vor allem die bei Windenergieanlagen auftretenden amplitudenmodulierten Geräusche als belästigend wahrgenommen werden. Jedoch sind der nicht wahrnehmbare Infraschall von Windenergieanlagen und das bei der Rotorblattbewegung auftretende hörbare Wischen zwei verschiedene Geräuschcharakteristiken, die nicht verwechselt werden sollten. Gesetzliche Lärmschutzregelungen stellen sicher, dass die hörbaren Geräusche von Anlagen wie Windenergieanlagen oder Fabriken insbesondere in Wohnräumen nur leise wahrnehmbar sein dürfen.

Unter anderem wird vor der Errichtung von Windenergieanlagen genau geprüft, dass die diesbezüglichen Immissionsrichtwerte der „Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm“ (TA Lärm) eingehalten werden.

Von Schallwellen umgeben

Kommunikation und Kunst, Verkehr und Energieversorgung – fast alles, was unseren Alltag prägt, erzeugt auch Schallwellen. Einige davon sind perfekt auf das menschliche Hörvermögen abgestimmt, so zum Beispiel Musik, menschliche Stimmen oder die Sirenen von Krankenwagen. Anderer Schall breitet sich für Menschen kaum oder gar nicht hörbar aus, darunter die tiefen Infraschall-Wellen der Meeresbrandung oder die hohen Ultraschall-Laute der Fledermäuse.

Fledermausrufe

liegen im Frequenzbereich von Ultraschall. Sie sind also so hoch, dass Menschen sie nicht hören können.

Presslufthammer

erreichen besonders hohe Schallpegel. Neben Hörschall erzeugen sie auch Infraschall.

Baumaschinen

wie z. B. Bagger verursachen hohe Schallemissionen. Deshalb ist in vielen Bauberufen ein Gehörschutz gesetzlich vorgeschrieben.

Hummeln

Das charakteristische tiefe Brummen entsteht durch den Flügelschlag.

Sirenen von Krankenwagen

sind absichtlich schrill und fast schmerzhaft laut, um sofortige Aufmerksamkeit zu wecken. Der an- und abschwellende Heulton liegt in einem Frequenzbereich, der für Menschen besonders gut hörbar ist.

Windenergieanlagen

emittieren hörbaren tieffrequenten Schall und in der Regel nicht wahrnehmbaren Infraschall.

Biogasanlagen

erzeugen neben mittel- und hochfrequenten Geräuschen auch tieffrequenten Schall und Infraschall.

Motorräder und Autos

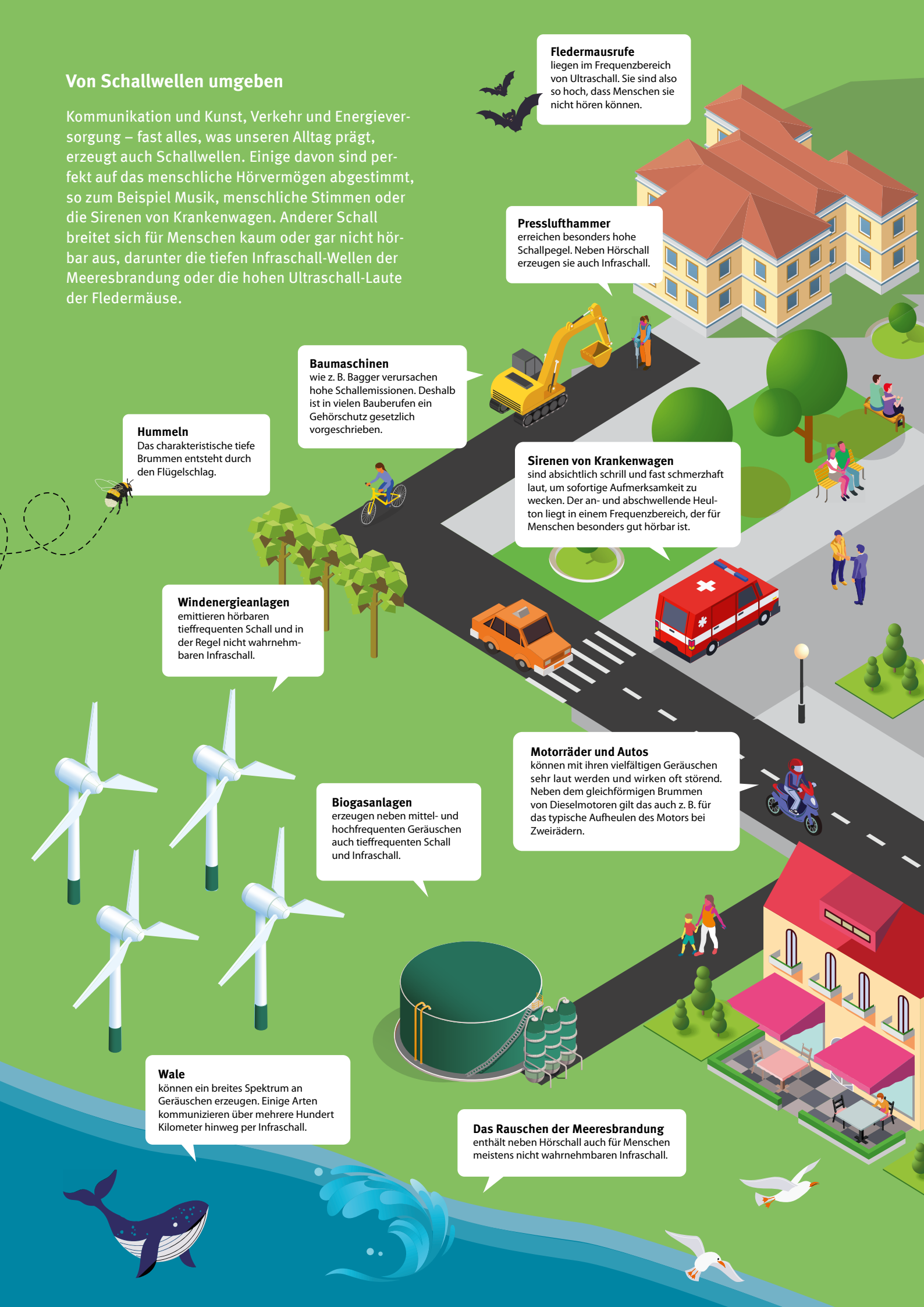
können mit ihren vielfältigen Geräuschen sehr laut werden und wirken oft störend. Neben dem gleichförmigen Brummen von Dieselmotoren gilt das auch z. B. für das typische Aufheulen des Motors bei Zweirädern.

Wale

können ein breites Spektrum an Geräuschen erzeugen. Einige Arten kommunizieren über mehrere Hundert Kilometer hinweg per Infraschall.

Das Rauschen der Meeresbrandung

enthält neben Hörschall auch für Menschen meistens nicht wahrnehmbaren Infraschall.





Kleinere Vögel

wie z. B. Nachtigallen singen sehr hoch, während etwa die größeren und schwereren Krähen eher tiefe Töne erzeugen.

Musiker*innen

Von tief bis hoch, von leise bis sehr laut: Musik deckt das gesamte Tonspektrum ab, das wir Menschen hören können. Je nach Vorliebe und Situation finden wir das angenehm oder störend.



Hundepfeifen

produzieren Töne im Ultraschall-Bereich. Hunde können das gut hören, Menschen aber nicht.



Kind mit Ball

Wenn Kinder spielen, geht es schon mal laut zu. Bälle kommen z. B. auf dem Boden auf, und die hohen Stimmen sind sehr klar vernehmbar.

Wärmepumpe

Die Lautstärke von Wärmepumpen ist unter anderem von der Heizleistung abhängig. Meist lässt sich ein tieffrequentes Rauschen wahrnehmen, teilweise entsteht auch Infraschall.

Kühlschränke

sind so gebaut, dass sie nur ein leises, tieffrequentes Brummen erzeugen. In geringem Maße können sie auch unhörbaren Infraschall emittieren.



Menschen

Evolutionär wenig überraschend: Die Frequenzen menschlicher Stimmen kann unser Gehör besonders gut wahrnehmen.

Heizungsanlagen

produzieren vor allem tieffrequenten Schall, etwa Strömungs- und Pumpgeräusche. Wenn alles gut installiert ist, gehen allerdings von den Heizkörpern selbst kaum Geräusche aus.

Musikanlage/Radio

Vom leisen Hintergrundgedudel bis zur Top-Anlage samt Bass-Booster – Musikanlagen decken mindestens das gesamte Hörspektrum des Menschen ab. Zum Glück für den Hausfrieden ist die Lautstärke regulierbar.

Staubsauger

dürfen laut EU-Verordnung maximal 80 Dezibel erreichen. Als leise gilt ein Staubsauger unter 60 Dezibel – aber auch das ist noch deutlich zu hören.

Methoden der Manipulation

Wahr oder erfunden? Theorien ohne wissenschaftliche Basis und Falschinformationen finden sich vielfach im Internet. Dabei ist es gar nicht so einfach, wissenschaftlich fundierte Aussagen von einfachen Meinungen zu unterscheiden. In manchen Fällen werden falsche Informationen als Mittel eingesetzt, um Menschen zu verunsichern oder Aufmerksamkeit zu erhalten. In der folgenden Infografik stellen wir drei häufige Manipulationsmethoden vor, die, bewusst oder versehentlich angewandt, zu einer Manipulation wissenschaftlicher Fakten führen.

Methode 1: Einzelfälle und wissenschaftlich nicht belastbare „Studien“ werden als seriöse Forschung dargestellt.



Wenn eine einzelne Person eine fehlerhafte Ware kauft, lässt sich daraus nicht folgern, dass alle Waren dieses Geschäfts fehlerhaft sind – ganz klar. Aus einzelnen Fallbeispielen lassen sich keine Schlüsse ziehen, die für alle Menschen gelten. Trotzdem kommt es mitunter vor, dass scheinbar wissenschaftliche Berichte im Wesentlichen die Erfahrungen von Einzelpersonen schildern und diese verallgemeinern. Erste Hinweise auf mögliche unzulässige Verallgemeinerungen gibt ein Blick auf das Forschungsdesign: Wie viele Personen haben an der Studie teilgenommen, und wie wurden sie ausgewählt? Um als verallgemeinerbar zu gelten, muss eine Studie „repräsentativ“ sein – die Gruppe der Teilnehmenden muss groß genug sein und so zusammengesetzt, dass sich die Ergebnisse auf die Allgemeinheit übertragen lassen.

Methode 2: Informationen werden aus dem Kontext gelöst.



Nicht immer hat man die Zeit, eine Primärquelle zu lesen, um eine Information genauer zu überprüfen – es lohnt sich aber. Informationen können leicht aus dem Kontext gelöst werden oder relevante Informationen verschweigen und so einen ganz anderen Sinn ergeben. Wichtig ist es also immer, die originale Quelle zu überprüfen und so den Wahrheitsgehalt von Informationen zu verifizieren. Ein Beispiel zum Thema Infraschall: Als Ergebnis einer Studie wird erklärt, dass Infraschall bei Menschen zahlreiche gesundheitliche Beschwerden auslöst. Da Windenergieanlagen Infraschall erzeugen, müsse also gefolgert werden, dass Windenergieanlagen die Gesundheit schädigen. Was hier verschwiegen wird, ist der Kontext der Studie – dass nämlich der Infraschall in der Untersuchung viel höhere Schallpegel hatte, als ihn Windenergieanlagen produzieren.

Methode 3: Sprachliche Emotionalisierung und Dramatisierung



Insektenstiche, die Schmerzen wie ein Nagelbrett auslösen, von Windenergieanlagen „umzingelte“ Dörfer, Impfungen, die als „Chemiekeule“ in den Körper „gepumpt“ werden – die Sprache bietet unzählige Möglichkeiten, um Themen zu emotionalisieren oder zu dramatisieren. Das Ziel solcher Rhetorik: andere Menschen emotional betroffen zu machen und Ängste zu schüren, sodass sie sich weniger für die nüchternen Fakten interessieren. Diese Methode setzt auf emotionale oder dramatische Sprache, die subjektive Gefühle beschreibt und oftmals auch durch Bilder verstärkt wird. Wer seriös über gesicherte Fakten und wissenschaftliche Erkenntnisse informiert, kommt ohne emotionale Sprache und Übertreibungen aus und verfolgt das Ziel, ein objektives Bild zu zeichnen.

Der Nocebo-Effekt

Wussten Sie, dass Ihre negativen Erwartungen über bestimmte Dinge tatsächlich negative Auswirkungen auf Ihre Gesundheit haben können? Dieses klinisch beobachtete Phänomen nennt man Nocebo-Effekt. Der Nocebo-Effekt (lateinisch für „Ich werde schaden“) ist das Gegenstück zum Placebo-Effekt (lateinisch für „Ich werde heilen“), bei dem positive Erwartungen zu verbesserten Ergebnissen führen können. Der Nocebo-Effekt kann durch verschiedene Faktoren verursacht werden, einschließlich negativer Informationen über eine Behandlung, Angst vor Nebenwirkungen und negativer Erfahrungen in der Vergangenheit. Einige Studien haben bereits belegt: Wer ausführlich den Beipackzettel eines Medikaments studiert oder im Detail von Ärzt*innen oder Apotheker*innen über Nebenwirkungen aufgeklärt wird, der leidet auch häufiger unter diesen Folgen. Als wichtigstes Gegenmittel gilt es, Patient*innen über den Nocebo-Effekt aufzuklären, um übermäßige Angst zu vermeiden und den Nocebo-Effekt zu minimieren.

„Der Nocebo-Effekt lässt sich auch wieder aufheben“



Prof. Dr. Ulrike Bingel ist Neurowissenschaftlerin und Leiterin der universitären Schmerzmedizin Essen. (Foto: privat)

Wenn negative Erwartungen dazu führen, dass tatsächlich negative Folgen eintreten, dann sprechen Wissenschaftler*innen vom Nocebo-Effekt. Er kann die Nebenwirkungen von Medikamenten verstärken, lässt sich aber auch im Zusammenhang mit Infraschall beobachten. Warum es den Effekt gibt, wer davon betroffen sein kann und was dagegen hilft, erzählt Prof. Dr. Ulrike Bingel im Interview. Sie ist Professorin an der Klinik für Neurologie der Universitätsklinik Essen und erforscht unter anderem die neurobiologischen Grundlagen des Placebo- und des Nocebo-Effekts.

Was ist der Nocebo-Effekt?

Grundsätzlich ist der Nocebo-Effekt der negative Effekt auf das körperliche und seelische Empfinden aus einer negativen Erwartung heraus. Er ist damit der negative Zwillingsbrüder des Placebo-Effekts, allerdings noch nicht so ausgiebig erforscht. Für beide Effekte gilt, dass sie nicht rein psychologisch ablaufen. Negative

Erwartungen können bestimmte Mechanismen im Gehirn in Gang setzen, die dann tatsächliche körperliche Auswirkungen haben. Dabei werden auch verschiedene Botenstoffe ausgeschüttet, zum Beispiel Stresshormone. Man kann also objektiv messen, dass durch negative Erwartungen, Ängste und Sorgen körperliche Prozesse ausgelöst werden, die mit entsprechenden Symptomen wie Schmerz oder Übelkeit einhergehen.

Warum gibt es den Nocebo-Effekt? Hat er auch etwas Positives?

Ich glaube, wir sind grundsätzlich evolutionär dazu gemacht, negative Ereignisse stärker zu bewerten als positive. Wenn mir etwas droht, dann muss ich mir das ja sehr gut merken. Das Lernen und Antizipieren von negativen Dingen ist quasi ein Schutzmechanismus, den die Evolution so vorgesehen hat. Das Einzige Gute daran ist, dass er nicht in Stein gemeißelt ist. Nocebo-Effekte sind Erwartungseffekte – und Erwartungen sind veränderbar, sodass man diese Effekte auch wieder aufheben oder abschwächen kann. Allein die Aufklärung über den Nocebo-Effekt kann schon dazu beitragen, seine negativen Effekte abzupuffern.

Wer kann betroffen sein?

Im Prinzip kann das jede*r entwickeln. Wie auch beim Placebo-Effekt scheint es aber individuelle Unterschiede zu geben. Wir wissen, dass Angst und negative Erwartungen sehr eng miteinander verwoben sind. Menschen, die sehr ängstlich und pessimistisch sind sowie eine hohe Selbstaufmerksamkeit haben, können einem stärkeren Risiko für Nocebo-Effekte ausgesetzt sein.

Wo merkt man im Alltag, dass man vom Nocebo-Effekt betroffen ist?

Als mein Sohn kleiner war, habe ich ihn in die Kita gebracht. Dort stand ein Schild „Wir haben Läuse“. Ich musste mir sofort an den Kopf fassen, weil der angefangen hat zu jucken.

Das ist ein klassischer Nocebo-Effekt. Es gibt auch Menschen, die unbewusst alkoholfreies Bier trinken und dann trotzdem Rauschzustände entwickeln. Ebenso macht Kaffee uns weniger wach, wenn jemand behauptet, dieser sei entkoffeiniert, obwohl er es nicht ist. Auch das sind Nocebo-Effekte.

Kann der Nocebo-Effekt dafür sorgen, dass sich Menschen von Infraschall gestört fühlen, obwohl sie ihn nicht wahrnehmen können?

Absolut. Die treibende Kraft beim Nocebo-Effekt ist die negative Erwartung. Und dafür muss ich nicht zwangsweise etwas wahrnehmen können. Der Nocebo-Effekt ist nicht an einen spezifischen physikalischen Mechanismus gekoppelt. Hier ist also der Infraschall das Nocebo.

Allerdings zeigt die Wissenschaft, dass eine mögliche Wahrnehmung den Nocebo-Effekt noch verstärkt. Eine bittere Tablette hat beispielsweise einen höheren Nocebo-Effekt als eine geschmacksneutrale Tablette. So ist auch denkbar, dass eine sichtbare Windenergieanlage einen höheren Nocebo-Effekt hat als eine,

die man nicht sehen kann. In den visionären Infraschall-Studien des neuseeländischen Wissenschaftlers Keith Petrie haben die Forschenden mit echtem Infraschall sowie mit Placebo-Infraschall gearbeitet. Bedeutet: Die Testpersonen glaubten, da sei Infraschall, obwohl es keinen gab. Die Ergebnisse waren aber tatsächlich völlig unabhängig davon. Einzig die individuellen Erwartungen der Testpersonen haben das Wohlbefinden beeinflusst: Wenn ich eine negative Erwartung an den Placebo-Infraschall habe, habe ich genauso negative körperliche Symptome wie bei dem echten Infraschall, wenn ich eine negative Erwartung habe.

Was kann man gegen den Nocebo-Effekt tun?

Aufklärung ist ganz wichtig. Entscheidend dabei ist, auf Augenhöhe zu kommunizieren und die Symptome ernst zu nehmen. Betroffene können besser damit umgehen, wenn man ihnen einen Brücke baut und erklärt, warum sie diese Symptome erleben. Dass wir wissen, dass es diese Nocebo-Symptome wirklich gibt, hilft den Menschen in der Regel besser, das Phänomen zu akzeptieren und sich ihm entgegenzustellen.

Weitere Informationen zu Placebo- und Noceboeffekten finden Sie auf der Webseite des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sonderforschungsbereichs Treatment Expectation unter <https://treatment-expectation.de/entdecken-mitmachen>

Wie erkenne ich seriöse Quellen?

Nicht immer ist es einfach, fundierte Informationen von falschen zu unterscheiden. Diese Checkliste hilft zu erkennen, ob eine Informationsquelle seriös ist.

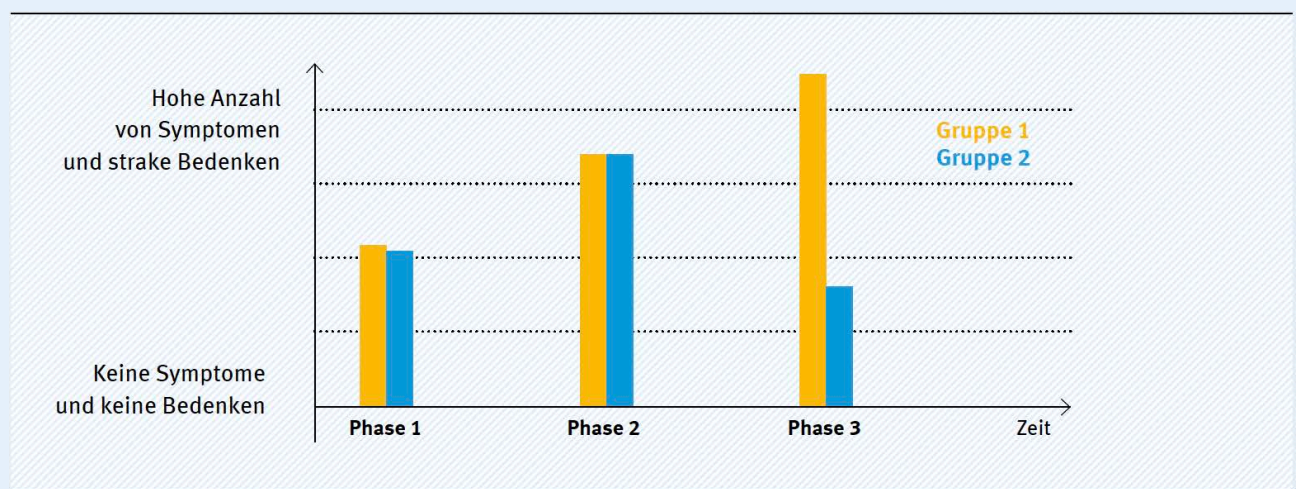
- ▶ Der oder die Autor*in ist Expert*in in dem jeweiligen Forschungsgebiet. Die Person forscht also seit vielen Jahren in dem konkreten Feld oder kann anderes relevantes Expert*innen-Wissen vorweisen.
- ▶ Die Auftraggeber*innen und Verfasser*innen der Arbeit sind namentlich benannt und verfolgen keine politische Agenda.
- ▶ Die Quellen, auf denen die Information basiert, sind transparent dargestellt, möglichst aktuell und leicht nachprüfbar.
- ▶ Bei Studien werden Studiendesign und Auswertung erklärt und basieren auf wissenschaftlichen Standards.
- ▶ Widersprüche, Unsicherheiten in den Ergebnissen sowie Grenzen des Studiendesigns werden benannt.
- ▶ Der Text belegt seine Argumente mit gut dokumentierten Details und Fakten und beleuchtet dabei auch Gegenargumente.
- ▶ Die Sprache ist sachlich, neutral und ausgewogen. Sie verzichtet auf Dramatisierungen.

Studie belegt Auswirkungen des Nocebo-Effektes auf die Gesundheit

Negative Erwartungen haben einen Einfluss auf unser Wohlbefinden. Wie stark der Nocebo-Effekt im Zusammenhang mit Windenergieanlagen wirkt, haben Wissenschaftler*innen in einer Studie mit 66 Proband*innen herausgefunden. Die Wissenschaftler*innen haben die Proband*innen

in drei Phasen begleitet und mit unterschiedlichen Informationen über Infraschall versorgt. Mit wissenschaftlichen Fakten aufgeklärte Proband*innen hatten sowohl weniger Bedenken als auch weniger gesundheitliche Symptome im Vergleich zu Proband*innen der anderen Gruppe.

Wie Aufklärung Beschwerden und dem Nocebo-Effekt vorbeugen kann



Quelle: Fiona Crichton, Keith J. Petrie: Health complaints and wind turbines: The efficacy of explaining the nocebo response to reduce symptom reporting, doi.org/10.1016/j.envres.2015.04.016

Setting:

66 Proband*innen wurden in zwei gleich große Gruppen eingeteilt. Sie durchliefen drei Phasen und beschrieben anschließend ihre individuellen Symptome und Bedenken bezüglich der Wirkung von Infraschall.

Phase 1:

Ohne vermitteltes Vorwissen gaben beide Gruppen an, ob sie Symptome und Bedenken gegenüber der Wirkung von Infraschall haben.

Phase 2:

Beiden Gruppen wurde dasselbe Videomaterial über angebliche Gesundheitsrisiken durch Infraschall gezeigt. Dann wurde ihnen 14 Minuten lang Infraschall (9 Hz bei 50,4 dB) und hörbarer Schall von Windenergieanlagen vorgespielt. Anschließend bewerteten sie ihre Symptome und Bedenken: In beiden Gruppen verstärkten sich sowohl die Symptome als auch die Bedenken.

Phase 3:

Gruppe 1 (gelb) hat Informationen über die Wirkung von Infraschall auf das menschliche Gehirn bekommen. Dann wurde der Gruppe erneut 14 Minuten lang Infraschall (9 Hz bei 50,4 dB) und hörbarer Schall von Windenergieanlagen vorgespielt. Anschließend bewerteten die Proband*innen ihre Symptome und Bedenken: Ein erneuter Anstieg war zu verzeichnen.

Gruppe 2 (blau) wurde über die Wirkung des Nocebo-Effekts aufgeklärt und hat wissenschaftlich belegte Informationen erhalten, dass Infraschall nicht gesundheitsschädigend ist. Dann wurde der Gruppe erneut 14 Minuten lang Infraschall (9 Hz bei 50,4 dB) und hörbarer Schall von Windenergieanlagen vorgespielt. Anschließend bewerteten die Proband*innen ihre Symptome und Bedenken: Diese sanken auf ein tieferes Niveau als in Phase 1.

Warum Windenergie für die Energiewende unverzichtbar ist

Knappe Ressourcen und steigender Energiebedarf, Abhängigkeiten von Drittländern und nicht zuletzt der Klimawandel – es gibt viele Gründe, warum Windenergie ein Problemlöser und Zukunftsperspektive ist. Gesellschaftlich herrscht in dieser Frage große Einigkeit: Mehr als 90 Prozent der Bevölkerung finden den Ausbau der erneuerbaren Energien wie Sonnen- oder Windenergie wichtig, damit die Energiewende gelingt.

Mit 84 Prozent fast ebenso hoch ist die Zustimmung zu Windparks unter Personen, die im direkten Wohnumfeld solcher Anlagen leben, so hat es das Meinungsforschungsinstitut forsa im Auftrag der Fachagentur Windenergie an Land e.V. im Herbst 2022 in einer Umfrage unter 430 Personen ermittelt. Studien zeigen allerdings auch, dass die Einstellung der Anwohner*innen zur Windkraft nicht nur davon abhängt, wie wichtig ihnen die Energiewende ist. Auch eine gute, transparente Kommunikation zwischen Anwohnenden, Behörden und Windparkbetreibern kann erheblich dazu beitragen, dass die lokale Bevölkerung den Windenergieanlagen positiv gegenübersteht. Unter anderem kommt es viel seltener zu Beschwerden durch den Nocebo-Effekt, wenn die Anwohnenden gut informiert sind und transparente Antworten auf alle Fragen und Bedenken erhalten. Tatsächlich gibt es auch über die ökologischen Vorteile hinaus viele gute Gründe, um den Ausbau der Windkraft in Deutschland zu begrüßen.

Finanzspritze für ländliche Gemeinden

Für eine wachsende Zahl an Anwohner*innen von Windparks bringt die saubere Energie handfeste Vorteile. Durch Bürgerbeteiligungsmöglichkeiten sind die Gemeinden und die lokale Bevölkerung häufig finanziell am Ertrag „ihrer“ Windenergieanlagen beteiligt. Zahlreiche solcher Bürgerwindparks gibt es in ganz Deutschland, Tendenz steigend. In vielen Fällen beschränkt sich die Beteiligung nicht nur auf die Gewinne – die Bürger*innen haben auch in anderen Fragen ein Mitspracherecht. Wie genau die Beteiligungsformate aussehen, ist von Gemeinde zu Gemeinde unterschiedlich. Für alle gilt aber: Gut gemachte Beteiligungsverfahren helfen, die Fairness im Planungsprozess zu erhöhen und die Chance auf Vertrauen und Akzeptanz zu steigern.

Energetisch nach wenigen Monaten in der Gewinnzone

Wind ist als Ressource unbegrenzt verfügbar und kostet nichts. Deshalb ist nur sehr wenig Energie nötig, um aus Wind Strom zu erzeugen. Das haben auch schon unsere Vorfahren erkannt – Windmühlen gehören zu den ältesten Technologien der Menschheit, um Energie zu gewinnen. Vermutlich schon vor mehr als 1500 Jahren waren in verschiedenen Teilen der Erde Windmühlen in Gebrauch, um zum Beispiel Getreide zu mahlen oder Wasser zu pumpen. Der vergleichsweise geringe Energieaufwand, der zum Betrieb von Windenergieanlagen nötig ist, ist auch heute noch ein großer Vorteil: Da Wind so gut verfügbar und zugleich so kraftvoll ist, rechnen sich Windenergieanlagen energetisch bereits nach kurzer Zeit. Nach etwa drei bis sieben Monaten hat eine Anlage so viel Energie produziert, wie für Herstellung, Betrieb und Entsorgung nötig sind. Konventionelle Energieerzeugungsanlagen rechnen sich hingegen nie energetisch: Der Betrieb benötigt immer mehr Energie in Form von Brennstoffen, als man an Nutzenergie erhält.

Größter Beitrag zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Seit 2016 ist die Stromerzeugung aus Wind in Deutschland um mehr als 43 Prozent gestiegen. Mit einem Anteil von fast 50 Prozent leistet die Windenergie den größten Beitrag zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. In den kommenden Jahren wird dieser Anteil voraussichtlich weiter steigen, nur dann lassen sich die EU-Klimaziele erreichen. Alle Bundesländer tragen dazu bei, dass das gelingt. Bis Ende 2032 müssen sie dafür zwei Prozent ihrer Fläche für die Errichtung von Windenergieanlagen ausweisen.

Erneuerbare Energien erhöhen die nationale Sicherheit

Windenergie leistet nicht nur einen Beitrag zu Energieversorgung und Klimaschutz – sie macht auch unabhängig von Öl und Gas aus anderen Ländern. Wie dringlich diese Unabhängigkeit ist, hat zuletzt der russische Angriffskrieg auf die Ukraine gezeigt. 85 Prozent der Europäer*innen waren 2022 laut der Umfrage „Eurobarometer“ der EU-Kommission der Ansicht, dass die Europäische Union ihre Abhängigkeit von russischem Gas und Erdöl baldmöglichst verringern sollte. Tatsächlich ist Deutschland dabei, seine

Energieversorgung aus anderen Quellen zu sichern. In Deutschland produzierte Windenergie spielt dabei eine zentrale Rolle – ab 2035 soll der Strom in Deutschland fast vollständig durch erneuerbare Energien erzeugt werden.

Windenergie schafft Arbeitsplätze

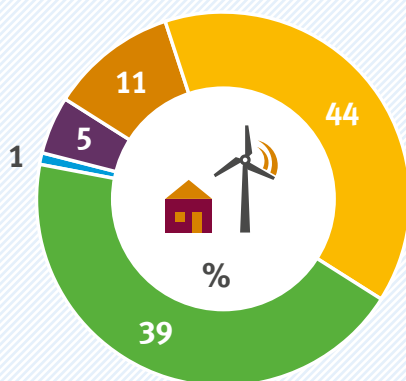
Die erneuerbaren Energien sind längst ein bedeutender Wirtschaftsfaktor in Deutschland. Mehr als 330.000 Menschen sind aktuell im Bereich erneuerbare Energien beschäftigt. Einen Hauptanteil hat daran die Windenergiebranche mit über 130.000 Beschäftigten. Im Vergleich zu anderen fossilen Energieerzeugungssystemen wie Kohle, Öl oder Gas schaffen die erneuerbaren Energien damit ein Vielfaches an Arbeitsplätzen.

Der frühe Einstieg Deutschlands in den Ausbau erneuerbarer Energien hat ermöglicht, dass die deutsche Windindustrie international eine führende Rolle hat. Zahlreiche Länder setzen auf das Know-how deutscher Windenergieunternehmen, um den Umbau des eigenen Energiesystems auf erneuerbare Energien umzustellen. Das hat viele positive Folgen: Neue Export- und Wertschöpfungsmöglichkeiten entstehen, außerdem wächst die Zahl der Arbeitsplätze. Vor allem sorgt die Windindustrie aber für regionale Wertschöpfung und Beschäftigung.

Große Zustimmung zu bestehenden oder geplanten Windenergieanlagen

Sind Sie mit den Windenergieanlagen in Ihrem Wohnumfeld einverstanden?

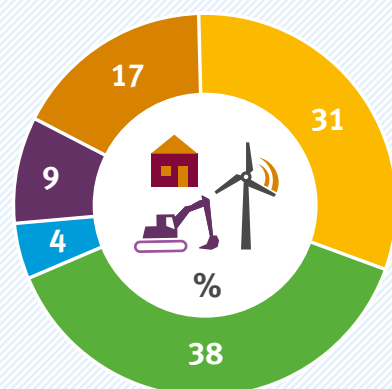
Befragt wurden 459 Personen, die Windenergieanlagen in ihrem Wohnumfeld haben.



- voll und ganz
- eher
- eher nicht
- überhaupt nicht
- weiß nicht/ k.A.

Wenn gemäß der aktuellen Genehmigungspraxis in Ihrem Wohnumfeld Windenergieanlagen gebaut werden sollten: Hätten Sie dagegen Bedenken?

Befragt wurden 533 Personen, die keine Windenergieanlagen in ihrem Wohnumfeld haben.



- gar keine
- weniger große
- große
- sehr große
- weiß nicht/ k.A.

Quelle: FA Wind (2020): Umfrage zur Akzeptanz der Windenergie an Land – Herbst 2020, Berlin

Quiz: Wie gut kennen Sie sich mit Infraschall aus?

1. Welche Tiere kommunizieren per Infraschall?

- A) Fledermäuse
- B) Elefanten
- C) Hunde

Die Antwort finden Sie auf den Seiten 8–9.

2. Wie viele Beschäftigte arbeiten in der Windenergiebranche in Deutschland?

- A) ca. 90.000
- B) ca. 25.000
- C) ca. 130.000

Die Antwort finden Sie auf Seite 23.

3. Wie heißt die Hirnregion, die für die Verarbeitung von Geräuschen zuständig ist?

- A) auditiver Cortex
- B) auraler Cortex
- C) aurikulärer Cortex

Die Antwort finden Sie auf den Seiten 12–13.

4. Wo in der Hörschnecke im menschlichen Innenohr sitzen die Härchen, die tiefe Töne wahrnehmen?

- A) am Ende der Hörschnecke
- B) sie sind über die ganze Hörschnecke verteilt
- C) am Eingang der Hörschnecke

Die Antwort finden Sie auf Seite 10.

5. Was beschreibt den Nocebo-Effekt am besten?

- A) Eine Person hat keine Kopfschmerzen mehr, obwohl sie eine Arznei ohne medizinische Wirkung eingenommen hat.
- B) Eine Person entwickelt einen Hautausschlag, nachdem ihr zuvor erläutert wurde, dass Hautausschlag eine bekannte Nebenwirkung ihres Medikaments ist. Tatsächlich hat sie jedoch eine Arznei ohne medizinische Wirkung eingenommen.
- C) Eine Person fühlt sich besser, nachdem sie ein wirksames Medikament eingenommen hat.

Die Antwort finden Sie auf den Seiten 19–20.

6. Was stimmt?

- A) Infraschall ist für den Menschen unter keinen Umständen wahrnehmbar.
- B) Infraschall im Alltag ist höher als der höchste hörbare Ton.
- C) Infraschall im Alltag ist tiefer als der tiefste hörbare Ton.

Die Antwort finden Sie auf den Seiten 8–11.

7. Wie viel Prozent der Landfläche müssen bis zum Ende 2032 für die Errichtung von Windenergieanlagen ausgewiesen sein?

- A) 1 Prozent
- B) 2 Prozent
- C) 5 Prozent

Die Antwort finden Sie auf Seite 22.

(Auflösung auf Seite 26)

Infraschall: Die wichtigsten Fachbegriffe im Überblick

Einige Begriffe fallen in der Diskussion um Infraschall immer wieder. Hier haben wir die wichtigsten für Sie zusammengestellt und kurz erklärt. Ausführlichere Erklärungen finden Sie in dieser Broschüre auf anderen Seiten. Folgen Sie einfach den Seitenangaben.

Frequenz (Maßeinheit: Hertz)

„Frequenz“ ist ein Begriff aus der Physik. Er dient dazu, eine Welle zu beschreiben – in diesem Fall eine Schallwelle. Genauer gesagt bezeichnet man mit Frequenz die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde. Die Maßeinheit für die Frequenz heißt Hertz (Hz). 20 Hertz beschreibt zum Beispiel eine Welle, die 20-mal in der Sekunde auf und ab schwingt.

[Mehr dazu auf Seite 9](#)

Hörschwelle, Wahrnehmungsschwelle

Wird ein Ton immer tiefer, dann können Menschen ihn irgendwann nicht mehr hören (einige Tierarten aber schon). Er liegt dann unterhalb der menschlichen Hörschwelle. Diese ist abhängig von der Frequenz des Schalls. Die Hörschwelle ist jedoch bei jedem Menschen anders: Einige können tiefe Töne besser hören als andere. Die größte Empfindlichkeit des Ohrs liegt bei Frequenzen von 1.000 bis 6.000 Hertz. Da tiefe Geräusche nicht mehr wie richtige Töne klingen, sondern eher als Druckschwankungen wahrgenommen werden, sprechen Fachleute manchmal auch von der „Wahrnehmungsschwelle“.

[Mehr dazu auf Seite 11](#)

Infraschall, Hörschall, Ultraschall

Diese drei Begriffe bezeichnen verschiedene Frequenzbereiche von Schallwellen. Sie orientieren sich am menschlichen Gehör. „Infraschall“ ist Schall bei Frequenzen unter 20 Hertz. Er ist für Menschen nur bei sehr hohen Schalldruckpegeln wahrnehmbar. Von „Hörschall“, also für das Gehör wahrnehmbarem Schall, sprechen Akustiker*innen bei Schallwellen zwischen 20 und 20.000 Hertz. Frequenzen von mehr als 20.000 Hertz liegen im Ultraschall-Bereich und sind zu hoch für das menschliche Gehör.

[Mehr dazu auf den Seiten 8–10](#)

Nocebo-Effekt

„Nocebo“ ist Latein und heißt „Ich werde schaden“. Häufig ist der Nocebo-Effekt bei der Einnahme von Medikamenten zu beobachten: Eine Person rechnet mit einer Nebenwirkung, und dadurch tritt diese Nebenwirkung ein. Allgemeiner gesprochen: Negative Erwartungen können dazu beitragen, dass tatsächlich etwas Negatives geschieht. Das besser bekannte Gegenstück zum Nocebo-Effekt ist der Placebo-Effekt, bei dem positive Erwartungen zu einem günstigen Ausgang führen, zum Beispiel, wenn durch ein „Medikament“ ohne Wirkstoffe eine Heilung eintritt.

[Mehr dazu auf den Seiten 19–20](#)

Schallpegel (Maßeinheit: Dezibel)





Schallwellen entstehen, wenn zum Beispiel Luft in Schwingungen versetzt wird. Der Schallpegel bzw. Schalldruckpegel bezeichnet die Stärke des Drucks, damit das geschieht, und wird in Dezibel (dB) angegeben. Laute Geräusche haben höhere Schallpegel als leise. Allerdings hängt es auch von der Frequenz ab, wie laut Menschen ein Geräusch wahrnehmen: Tiefe und hohe Töne werden bei gleichen Schalldruckpegeln als weniger laut empfunden als Töne mittlerer Frequenz. Dies wird durch die Frequenzbewertung berücksichtigt. Im Umweltschutzbereich wird fast ausschließlich die A-Bewertung verwendet und dementsprechend der Pegelwert in dB(A) angegeben. Bei der Angabe „dB(A)“ ist eingerechnet, wie laut das menschliche Gehör die verschiedenen Frequenzbereiche wahrnimmt.

[Mehr dazu auf Seite 9](#)

Auflösung Quiz (von Seite 24): 1 B, 2 C, 3 A, 4 A, 5 B, 6 C, 7 B



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/